

5

Kraftstoffeinspritzvorrichtung

## Stand der Technik

10

Die Erfindung geht aus von einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung nach der Gattung des Patentanspruchs 1.

Ein CR-Injektor (CR = Common Rail) mit Piezoaktor (= Piezosteller) und  
15 Übersetzung durch hydraulischen Koppler ist bekannt. Ebenfalls bekannt sind integrierte Koppler mit koaxial ineinander angeordneten Kolben. Die bekannte Vorrichtung verwendet ein A-Ventil als Steuerventil. Dieses kann nur mit relativ kleinem Durchmesser ausgebildet werden, da sonst die Kräfte am Ventil zu hoch werden, so dass es nicht durch einen Piezoaktor betätigbar ist.

20

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen  
25 mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 hat dem gegenüber den Vorteil, dass ein CR-Injektor mit Piezosteller geschaffen wird, bei dem ein großer Querschnitt des Ventils möglich ist. Dadurch kann das Öffnen und Schließen des Einspritzventils schneller erfolgen. Der integrierte Koppler ermöglicht eine kurze Baulänge der Vorrichtung. Der Koppler ist durch CR-Druck unterstützt.

30

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzvorrichtung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher

erläutert. Es zeigt

5 die einzige Figur die wesentlichen Komponenten einer erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit einem Einspritzventil und einem Steuerventil sowie einem hydraulischen Koppler.

### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzvorrichtung 1 wird von einem Druckspeicher (Common Rail) 3 mit Kraftstoff unter hohem Druck über eine Hochdruckleitung 5 versorgt, von der aus Kraftstoff über eine Einspritzleitung 6 zu einem Einspritzventil 9 gelangt. Eine Brennkraftmaschine hat normalerweise mehrere derartige Einspritzventile, und der Einfachheit halber ist lediglich eines dargestellt. Das Einspritzventil 9 weist eine Ventilnadel (Ventilkolben, Düsennadel) 11 auf, die mit einer konischen Ventildichtfläche 12 in ihrer Schließstellung Einspritzöffnungen 13, durch die Kraftstoff ins Innere eines Verbrennungsraums des Verbrennungsmotors eingespritzt werden soll, verschließt. Der Kraftstoff gelangt in den Bereich der Düsennadel über einen ringförmigen Düsenraum 14, von dem aus er über eine als Druckschulter ausgebildete Steuerfläche 15 einen Druck in Öffnungsrichtung der Düsennadel auszuüben gestattet. Wenn der genannte Druck eine Kraft in Öffnungsrichtung auf die Ventilnadel ausübt, die diesem Öffnen entgegen wirkende Kräfte überwindet, so öffnet sich das Ventil.

Zum Steuern des Öffnens und Schließens der Einspritzöffnungen dient ein 25 Aktor 31. Dieser erzeugt in Abhängigkeit von einer Ansteuerung an einem mechanischen Ausgang eine Auslenkung und eine Kraft zum Betätigen weiterer Elemente. Im Beispiel handelt es sich um einen elektrisch betätigten Aktor. Im Beispiel ist es ein Aktor, der ein piezoelektrisches Element aufweist, nämlich ein Piezoaktor. Der Aktor nimmt in Abhängigkeit von einer elektrischen Ansteuerung in 30 Vertikalrichtung der Zeichnung und somit in seiner Längsrichtung eine gelängte Konfiguration oder eine verkürzte Konfiguration ein. Im Beispiel ist ein Aktor mit einer derartigen Konstruktion vorgesehen, der bei Bestromung (Anschluss an eine Gleichstromversorgung) eine gelängte Konfiguration einnimmt, ohne Bestromung eine verkürzte Konfiguration einnimmt. Der Aktor bildet eine kapazitive Last und

nimmt bei Dauerbestromung keine Verlustleistung auf. Es kann vorteilhaft oder erforderlich sein, den Piezoaktor durch eine Spannvorrichtung, z. B. Feder, so vorzuspannen, dass im Aktor enthaltene piezoelektrische Elemente stets auf Druck beansprucht sind. Dies ist den Fachleuten bekannt. und deshalb wird hierauf im

5 Folgenden nicht hingewiesen. Während das obere Ende des Piezoaktors in einer in der Zeichnung nicht sichtbaren Weise in der Einspritzvorrichtung verankert ist, dient das untere Ende des Piezoaktors dazu, dessen Kraft und Bewegung letztendlich zum Öffnen und Schließen der Einspritzöffnungen zu verwenden. Hierzu ist für seine

10 Ankopplung ein hydraulischer Koppler 38 vorgesehen, der einen mit dem Piezoaktor gekoppelten Kolben 39 und einen weiteren Kolben 40 aufweist. Im vorliegenden Anwendungsfall ist im allgemeinen durch den Koppler eine Vergrößerung des Wegs des weiteren Kolbens 40 im Vergleich zum Weg des Kolbens 39 (durch passende Wahl der hydraulisch wirksamen Kolbenflächen) nötig. Die Konstruktion und Wirkungsweise des hydraulischen Kopplers wird weiter unten beschrieben.

15

Wenn der mit dem Piezoaktor nicht unmittelbar verbundene Kolben 40 des hydraulischen Kopplers ein Steuerventil 41 (oder Auslassventil) öffnet, sinkt der Druck in einer mit Kraftstoff gefüllten Steuerkammer 43, in die der obere Endabschnitt der Düsennadel eingreift. Die Steuerkammer 43 wird mit Kraftstoff

20 unter Druck über eine Zulaufdrossel 47 gefüllt, und bei geöffnetem Steuerventil 41 fließt Kraftstoff über eine Ablaufdrossel 49 aus der Steuerkammer 43 aus. Das Ausfließen von Kraftstoff wird durch Kräfte unterstützt, die die Düsennadel 11 in ihre offene Stellung zu bewegen bestrebt sind. Ein bewegliches Ventilstück 51 liegt bei geschlossenem Steuerventil 41 an einem Ventilsitz 53 dichtend an und ist mit dem

25 Kolben 40 mechanisch gekoppelt. Die bei geöffnetem Ventilstück 51 aus der Steuerkammer ausströmende Steuermenge wird durch einen Leckagekanal 55 abgeführt. Bei geschlossenem Ventilstück 51 wird dieses von der Steuerkammer her mit Raildruck (= Druck in der Leitung 5) beaufschlagt, wobei der Druck auf die Fläche mit dem Durchmesser d3 wirkt.

30

Die Kolben 39 und 40 sind im Beispiel parallel zueinander und ineinander, fertigungstechnisch vorteilhaft koaxial ineinander angeordnet (integrierter Koppler). Die Art, in der sie miteinander gekoppelt sind, wird unten erläutert. Im Kolben 39 ist ein Pfeil eingezeichnet, der die Bewegung dieses Kolbens anzeigt, wenn der Aktor

eine Bewegung in der Zeichnung nach unten ausführt. Im Kolben 40 ist ein Pfeil eingezeichnet, der die Bewegung dieses Kolbens anzeigt, wenn der Kolben 39 die durch seinen Pfeil bezeichnete Bewegung ausführt. Durch Vergleich des Pfeil des Kolbens 40 mit der Richtung, in der das bewegliche Ventilelement des vom 5 hydraulischen Wandler 38 zu betätigenden Ventils zum Öffnen bzw. zum Schließen bewegt werden muss, ist aus der Zeichnung unmittelbar ersichtlich, ob die in der Zeichnung eingezeichnete Richtung der genannten Pfeile einem Öffnungsvorgang oder einem Schließvorgang des genannten Ventils entspricht.

10 Das bewegliche Ventilstück 51 ist im wesentlichen kegelförmig mit einem zylindrischen Fortsatz ausgebildet. Insbesondere liegt es mit dem kegelförmigen Teil im geschlossenen Zustand an dem Ventilsitz 53 an. Das Ventilstück 51 ist durch eine von dem zylindrischen Fortsatz geführte Druckfeder 54 in Richtung auf seinen Ventilsitz 53 vorgespannt. In seiner Sperrstellung ist es nach "außen" bewegt 15 worden, nämlich in Richtung vom hohen Druck in der Steuerkammer 43 zu einem Bereich niedrigeren Drucks (Leckagedruck). Das Auslassventil wird in diesem Fall daher als A-Ventil bezeichnet. Die dem Ventilsitz 53 zugewandte Seite des Ventilstücks 51 ist mit einem Betätigungssteil starr verbunden, das mit dem hydraulischen Koppler verbunden ist. Die Verbindung mit dem Kolben 37 ist 20 vorteilhaft zugfest für besonders schnelles Schließen.

Der Aktor 31 ist mit dem Kolben 39 durch eine Stange 61 mit einem Durchmesser d5 verbunden. Der Kolben 40 ist mit dem von ihm zu betätigenden beweglichen Ventileil 51 durch eine Stange 63 mit einem Durchmesser d1 25 verbunden. Der innere Kolben 39 hat einen Durchmesser d4, der äußere Kolben 40 hat eine kreisringförmige Kolbenfläche der Größe f2. Der lichte Durchmesser des Ventilsitzes 53 dort, wo das bewegliche Ventileil an ihm anliegt, ist d3.

30 Führungsspalte 65 und 67, die der Gleitführung der Kolben dienen und durch die hindurch ein Kopplervolumen mit Treibstoff gefüllt wird, sind im Bereich der zylindrischen Außenfläche des äußeren Kolbens (gegenüber einem nicht gezeigten Gehäuse) und im Bereich der gegenseitigen Gleitführung der beiden Kolben gebildet.

Maßgeblich für die Funktion sind die den oben genannten Durchmessern d1, d3 bis d5 (für kreisförmige Querschnitte) entsprechenden Flächen f1, f3 bis f5 und die genannte Fläche f2. Kreisförmige Querschnitte sind zwar für die Herstellung zweckmäßig, die Erfindung ist jedoch hierauf nicht beschränkt.

5

Die dem Aktor 31 zu gewandten Endbereiche der Kolben 39 und 40 greifen in einen gemeinsamen Übersetzerraum 72 ein. Der andere Endbereich des Kolbens 39 greift in einen Füllraum 71-2 ein; dieser ist über Bohrungen in der unteren Endwand des Kolbens 40 verbunden, der mit der Leitung 5 verbunden ist. Der andere 10 Endbereich des inneren Kolbens 40 ragt in den Füllraum 71-2. Über die Führungsspalte 65 und 67 wird der Übersetzerraum 72 gefüllt. Der Übersetzerraum 72 wird von der Stange 61 durchdrungen. Der Füllraum 71-1 wird von der Stange 63 durchdrungen. Die Kolben 39 und 40 bewegen sich gegensinnig und wegen der gewünschten Weg-Übersetzung vom Aktor zum Steuerventil mit unterschiedlicher 15 Geschwindigkeit.

Der Aktor 31 (Piezosteller) ist im geschlossenen Zustand des Einspritzventils 9 mit Strom versorgt und gelängt. Zum Öffnen des Steuerventils 41 wird der elektrische Strom zum Aktor 31 abgeschaltet und der Aktor wird kürzer. Dadurch wird 20 der Kolben 39 (erster Übersetzerkolben) in der Figur nach oben bewegt, unterstützt von der Feder 75 und vom Druck im Füllraum 71-2. Im Übersetzerraum 72 und im Füllraum 71-2 ist im Ruhezustand CR-Druck (= Druck des Druckspeichers bzw. Common Rail) als Systemdruck. Im Übersetzerraum 72 steigt durch das Bewegen des Kolbens 39 nach oben der Druck. Diese Druckzunahme bewegt den Kolben 40 25 (zweiter Übersetzerkolben) nach unten und öffnet durch gleich gerichtete Bewegung des Ventilteils 51 das Steuerventil 41, das ein A-Ventil ist. Zum schnellen Schließen des Ventilteils 51 ist dieses vorzugsweise fest mit der Stange 63 und somit mit dem Kolben 40 verbunden. Wegen des CR-Drucks im Übersetzerraum 72 ist der 30 Sitzdurchmesser d3 des Ventilteils 51 sehr groß wählbar, da der Kolben 40 diese Fläche mit seiner im Übersetzerraum 72 befindlichen Seite weitgehend ausgleicht. Somit schafft die Erfindung einen vorteilhaften A-Ventil-Servo-Injektor mit CR-Druckunterstützung für sehr schnelles Öffnen und Schließen des Einspritzventils. Der Koppler sorgt für eine kurze Baulänge.

Ein wichtiges Merkmal der Erfindung besteht darin, dass an der Seite des Kolbens 39 (im Übersetzerraum), die dem Steuerventil abgewandt ist, Raildruck anliegt, der die Betätigung des Steuerventils unterstützt und dem auf das Ventilteil 51 im Sperrzustand von der Steuerkammer 43 her wirkenden Druck entgegen wirkt.

5

Wegen des Raildrucks im Übersetzerraum 72 ist d3 weitgehend kraftausgeglichen. Es steht daher im Vergleich zum Stand der Technik ein größerer Überschuss an Kraft, die vom Aktor geliefert wird, zur Beschleunigung der Masse des beweglichen Ventilteils zur Verfügung. Die Erfindung schafft somit eine Variante mit teilausgeglichenem (= bezüglich der Kraft teilweise ausgeglichenem) Steuerventil, wobei das Ventil ein A-Ventil ist. Die vom Aktor zum Schließen des Ventils zu liefernde Kraft ist daher gegenüber dem Bekannten kleiner. Stattdessen ist bei einer Ausführungsform ein Ventil 51 mit einem gegenüber dem Bekannten größeren Durchmesser d3 vorgesehen, der ein schnelleres Öffnen und Schließen des Einspritzventils ermöglicht, weil die Strömungszunahme und -Abnahme in diesem größer ist als bei dem bekannten kleineren A-Ventil.

Eine Druckfeder 75 im Füllraum 71-2 drückt die Kolben auseinander und sorgt für gute Anlage des Kopplers am Aktor 31 und bei geschlossenem Ventil des Ventilteils 51 am Ventilsitz 53.

20

Die gezeigte Vorrichtung weist noch weitere Merkmale auf. Zumindest in einem Bereich der den Aktor 31 mit dem hydraulischen Koppler verbindenden Stange 61 ist in einem Abstand von dem dem Aktor 31 am nächsten liegenden Raum des Kopplers ein weiterer Füllraum 90 vorhanden, der mit der Leitung 5 verbunden ist. Im Beispiel umgibt der weitere Füllraum 90 den Aktor 31 in dessen unterem Endbereich. Vorzugsweise umgibt er den ganzen Aktor 31. Ein Führungsspalt 94 der Stange 61 ist für eine zusätzliche Füllung des benachbarten Raums des Kopplers mit unter Druck stehendem Kraftstoff dimensioniert. Ein Vorteil besteht in der zusätzlichen Befüllung des Kopplers mit unter hohem Druck stehenden Kraftstoff.

25

Bei Ausführungsformen der Erfindung ist der weitere Füllraum 90 nicht vorhanden oder ist nicht mit der Leitung 5 verbunden und hat nicht die Funktion eines Füllraums. In diesem Fall mag es zweckmäßig sein, eine Bohrung, in der die

Stange 61 in einem nicht gezeigten Gehäuse der ganzen Vorrichtung geführt ist, für einen möglichst kleinen Abfluss von Kraftstoff aus dem Koppler zu dimensionieren.

Die Erfindung erfasst auch Ausführungsformen, bei denen der unter hohem

- 5 Druck stehende Kraftstoff nicht von einem Hochdruckspeicher zugeführt wird, sondern von einer dem Einspritzventil zugeordneten Pumpe (z.B. Pumpe-Düse-Einheit, Unit Injector), die auch den Füllraum speist.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzvorrichtung (1) mit einem Einspritzventil (9), einer dem Einspritzventil (9) bei Betrieb Kraftstoff unter hohem Druck zuführenden Leitung (5), einem den Druck in einer mit der genannten Leitung (5) verbundenen Steuerkammer (43) des Einspritzventils steuernden Steuerventil (41), dessen bewegliches Ventilteil (51) von einem Aktor (31) über einen hydraulischen Koppler (38) betätigbar ist, der zwei mit einem Kopplervolumen des Kopplers zusammenwirkende Kolben (39, 40) aufweist, wobei der Sitz (53) des beweglichen Ventilteils (51) eine lichte Querschnittsfläche  $f_3$  aufweist, mit Mitteln zum Füllen des Kopplervolumens über Führungsspalte (65, 67) der Kolben (39, 40) mit unter Druck stehendem Kraftstoff,

dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben (39, 40) parallel zueinander ineinander angeordnet sind, dass an den dem Aktor (31) zugewandten Enden der Kolben (39, 40) ein Übersetzerraum (72) angeordnet ist, dass im Inneren des äußeren Kolbens (39) ein Füllraum (71-2) vorgesehen ist, der mit der genannten Leitung (5) verbunden ist, dass einer (39) der Kolben mit einer Querschnittsfläche  $f_4$  mit dem Aktor (31) über eine Stange (61) mit einer Querschnittsfläche  $f_5$  mechanisch gekoppelt ist, dass der andere Kolben (40), der eine Kolbenfläche  $f_2$  aufweist, über eine Stange (63) mit einer gegenüber  $f_2$  kleineren Querschnittsfläche das Steuerventil (41) betätigt, dass die Richtung der Schließbewegung des beweglichen Ventilteils (51) mit der Richtung von aus der Steuerkammer (43) ausströmendem Kraftstoff übereinstimmt, so dass das Steuerventil wegen des auf den weiteren Kolben (40) im Übersetzerraum (72) wirkenden Drucks mindestens teilweise kraftausgeglichen ist.

2. Kraftstoffeinspritzvorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest in einem Bereich der den Aktor (31) mit dem hydraulischen Koppler verbindenden Stange (61) in einem Abstand von dem dem Aktor (31) am nächsten

liegenden Raum des Kopplers ein weiterer Füllraum (90) vorhanden ist, der mit der genannten Leitung (5) verbunden ist und über einen Führungsspalt (94) der Stange (61) mit dem Koppler in Verbindung ist.

Zusammenfassung

Eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung (1) mit einem Einspritzventil (9), einer dem  
10 Einspritzventil (9) bei Betrieb Kraftstoff unter hohem Druck zuführenden Leitung (5),  
einem den Druck in einer mit der genannten Leitung (5) verbundenen Steuerkammer  
(43) des Einspritzventils steuernden Steuerventil (41), dessen bewegliches Ventilteil  
(51) von einem Aktor (31) über einen hydraulischen Koppler (38) betätigbar ist, der  
zwei mit einem Kopplervolumen des Kopplers zusammenwirkende Kolben (39, 40)  
15 aufweist, wobei der Sitz (53) des beweglichen Ventilteils (51) eine lichte  
Querschnittsfläche  $f_3$  aufweist, mit Mitteln zum Füllen des Kopplervolumens über  
Führungsspalte (65, 67) der Kolben (39, 40) mit unter Druck stehendem Kraftstoff, ist  
dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben (39, 40) parallel zueinander ineinander  
angeordnet sind, dass an den dem Aktor (31) zugewandten Enden der Kolben (39,  
20 40) ein Übersetzerraum (72) angeordnet ist, dass im Inneren des äußeren Kurbels  
(39) ein Füllraum (71-2) vorgesehen ist, der mit der genannten Leitung (5) verbunden  
ist, dass einer (39) der Kolben mit einer Querschnittsfläche  $f_4$  mit dem Aktor (31)  
über eine Stange (61) mit einer Querschnittsfläche  $f_5$  mechanisch gekoppelt ist, dass  
der andere Kolben (40), der eine Kolbenfläche  $f_2$  aufweist, über eine Stange (63) mit  
25 einer gegenüber  $f_2$  kleineren Querschnittsfläche das Steuerventil (41) betätigt, dass  
die Richtung der Schließbewegung des beweglichen Ventilteils (51) mit der Richtung  
von aus der Steuerkammer (43) ausströmendem Kraftstoff übereinstimmt, so dass  
das Steuerventil wegen des auf den weiteren Kolben (40) im Übersetzerraum (72)  
wirkenden Drucks mindestens teilweise kraftausgeglichen ist.

